

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-132472

(43)Date of publication of application : 23.05.1995

(51)Int.Cl.

B25J 5/00  
B25J 19/02  
// G05B 19/19

(21)Application number : 05-279718

(71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 09.11.1993

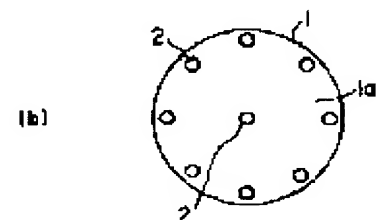
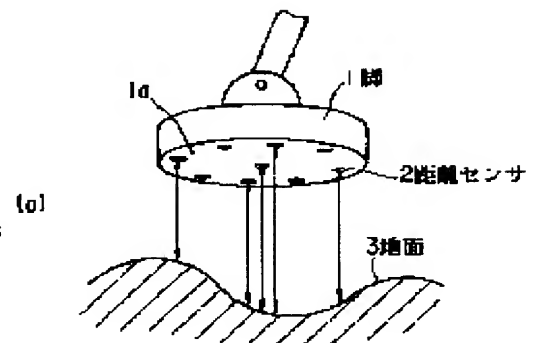
(72)Inventor : OMICHI TAKEO  
FUKUYA YASUTAKA

## (54) APPROACH METHOD BY PLURAL DISTANCE SENSORS

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To enable a controlled body to approach the other face such as the ground surface while being controlled appropriately even if the other face is uneven or wavy, or part of distance sensors is in failure.

**CONSTITUTION:** A controlled body 1 is provided with plural distance sensors 2 for measuring the distance to the approaching other face 3. The relative specific measured value (the minimum value, for instance) is selected from the measured value of these distance sensors 2, and this relative specific measured value is used as control information for the approach of the controlled body 1 to the approaching other face 3.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-132472

(43) 公開日 平成7年(1995)5月23日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 5 J 5/00	E			
	C			
19/02				
// G 0 5 B 19/19	F	9064-3H		

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平5-279718

(22) 出願日 平成5年(1993)11月9日

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 大道 武生

兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂研究所内

(72) 発明者 福家 康隆

兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂研究所内

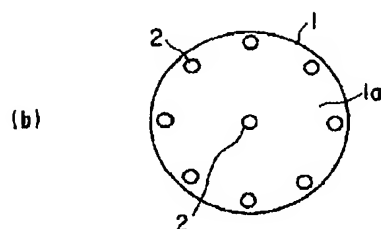
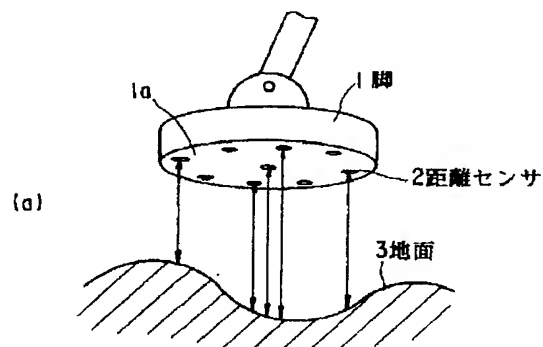
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 複数距離センサによる接近手法

(57) 【要約】

【目的】 この発明は地面等の相手面に凹凸やうねりがあっても、また、距離センサの一部が故障しても、被制御体を適切に制御して相手面に接近させることができる複数距離センサによる接近手法である。

【構成】 被制御体1に接近相手面3との距離を計測する複数の距離センサ2を設け、これら距離センサ2の計測値の中から相対的特定計測値(例えば最小値)を選択し、この相対的特定計測値を被制御体1の接近相手面3に接近するための制御情報としている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被制御体に接近相手面との距離を計測する複数の距離センサを設け、これら距離センサによる計測値の中から相対的特定計測値を選択し、この相対的特定計測値を被制御体の接近相手面に接近するための制御情報とすることを特徴とした複数距離センサによる接近手法。

【請求項2】 距離センサの計測値は非連続値であることを特徴とした請求項1記載の複数距離センサによる接近手法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、例えば脚型ロボットの脚の制御等に適用される複数距離センサによる被制御体を相手面に接近させる接近手法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】例えば、図6に示すようなトロット歩行（対角2脚をベアにして次々に切替えていく歩容）する脚型ロボット61には脚62を前後に2脚づつ4脚設けている。そして、これらの脚62（被制御体）を地面63（相手面）へ接近させる従来の手法は、脚62のそれぞれに脚62と地面63との距離を計測するための特開昭61-193973号に開示にされているような一個の図示しない非接触距離センサを設けて、その距離センサ情報により脚62の対地接近速度を決定して脚62の運動を制御していた。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】歩行する地面が平面または平面に近い場合は、各脚62について1個の距離センサを設ければ、ほぼ満足な対地接近速度を制御できる。しかしながら、屋外に見られるような通常の地面には凹凸やうねりがあり、一個の距離センサでは測距誤差を生じる。また、距離センサの出力は地面表面の性質（岩、泥、水）や外来光等により変動し、そのための測距誤差を生じることがある。さらに、距離センサが故障したようなときに測距不能になり、例えば制御部に対して常に最大距離を指示したりする不都合を生じても、距離センサが一個の場合では対応が不可能になる問題があった。

【0004】この発明はこれらの問題を解決するためになされたもので、例えばロボットの脚等の制御において、地面等の相手面に凹凸やうねりがあっても、また、距離センサの一部が故障しても、被制御体である脚を適切に制御して相手面に接近させることができる複数距離センサによる接近手法を提供することを目的としている。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】この発明の複数距離センサによる接近手法は、被制御体に接近相手面との距離を計測する複数の距離センサを設け、これら距離センサよ

る計測値の中から相対的特定計測値（例えば最小値）を選択し、この相対的特定計測値を被制御体の接近相手面に接近するための制御情報とすることを特徴としている。また、距離センサの計測値は非連続値（例えば大、中、小）であることも特徴としている。

## 【0006】

【作用】このように構成することで、相手面にうねりや凹凸が有っても複数の計測値から相対的に最も適切な計測値（例えば最も相手面に近い距離）を選択して被制御体を制御する。また、例えば距離センサの一つが故障しても他の距離センサで対応できる。また、計測値が非連続値な距離センサを使用しても同様な効果が得られ、距離センサを簡易化できる。

## 【0007】

【実施例】以下、図面を参照しながらこの発明の実施例を説明する。第1の実施例は被制御体として脚型ロボットの脚を例にとり、このロボットの脚を距離センサの計測値に基づいてこの実施例の接近手法により制御するため、脚に複数の距離センサを図1(a)(b)に示すように配置している。

【0008】図1(a)において、1は被制御体である脚型ロボットの脚で、2は脚1の円盤状の脚裏1aの面に垂直下方に向けて設けられ、脚裏1aと地面3との間の距離の計測値が連続したアナログ値で得られる複数の距離センサである。この距離センサ2は超音波あるいは赤外線等の距離測定用信号を地面3方向に送出す図示しない送信器と、地面から反射して戻ってきた測定用信号を受ける図示しない受信器とで構成されている。この実施例では図1(b)に示すように、上記した距離センサ2を脚裏1aの中央部に1個と、それ以外の距離センサ2は脚1の構造として底部ねじれ方向に発生する外乱モーメントの影響を抑えるため滑り自由度をもたせた機構を想定し、さらに、センサ信号処理をスリッピングを用いない簡易なものとするため、脚裏1aの円周部に等間隔に8個、計9個の距離センサ2を配設している。

【0009】このような構成になる脚1をこの実施例の接近手法においては、9個の距離センサ2で計測して得られる対地面距離値 $L_q$ に比例した接近速度 $V$ で制御するようにしている。

## 【0010】

$$V = K \cdot L_q \quad K: \text{定数} \quad \dots\dots 1$$

脚1が接地しようとしている地面3との対地面距離 $L_q$ の算出方法には平均法と最接近データ法とがある。平均法とは、2式に示すように全距離センサ2の計測距離値を算術平均して、この脚1の対地面距離値 $L_q$ とするものである。この発明が採用する最接近データ法とは、3式に示すように構成距離センサ2のうちの最も小さい計測値を計測した距離センサ2の計測値をもって、この脚1の対地面距離値 $L_q$ とするものである。

## 【0011】平均法

3

$$Lq = Lave = \sum Li / n \quad \cdots \cdots 2$$

$Li$  :  $i$  番目の距離センサ2の計測値 ( $i = 1 \sim 9$ )

$n$  : 距離センサ2の数

最接近データ法

$$Lq = Lmin = Lx \quad \cdots \cdots 3$$

$Lx$  : 最も小さい計測値を計測した距離センサ2の計測値

したがって、両手法による場合の脚1の接近速度 $V$ は1式からそれぞれ4, 5式で表現される。

【0012】

平均法の場合  $V = K \cdot Lave \quad \cdots \cdots 4$

最接近データ法の場合  $V = K \cdot Lmin \quad \cdots \cdots 5$

図2は平均法と最接近データ法の二つの手法を比較評価するため、種々の形状(a)～(d)の地面に対して二つの手法を用いて実験し、脚1の地面3に接触したときの接近速度 $V$ の平均と分散を距離センサ2の数を横軸にとり平均法のデータを実線で、最接近データ法のデータを破線で示したグラフである。

【0013】(a)の条件は、地面3に同図に示すような正弦波状の2次元のうねりがあり、そのうねり面が次式で表される場合である。

$$Z = h \cos(2\pi \cdot x / D)$$

この実施例では $D = 480 \text{ mm}$  (脚1の直径の4倍)とし、 $h = 9.4 \text{ mm}$ の場合を示している。

【0014】(b)の条件は地面が凸面で、その凸面が次式で表される場合である。

$$Z = h \cos(2\pi \cdot x / D) \cos(2\pi \cdot y / D)$$

この実施例では $D = 960 \text{ mm}$ ,  $h = 152 \text{ mm}$ の場合を示している。

【0015】(c)の条件は地面が凹面で、その凹面が次式で表される場合である。

$$Z = -h \cos(2\pi \cdot x / D) \cos(2\pi \cdot y / D)$$

この実施例では $D = 960 \text{ mm}$ ,  $h = 152 \text{ mm}$ の場合を示している。

【0016】なお、これらの式で $Z$ は地面高さ、 $h$ はうねりや凹凸の振幅、 $D$ はうねりや凹凸の波長、 $x$ ,  $y$ は水平面の座標である。(d)の条件は地面に幅 $24 \text{ mm}$ の突起面が存在し、その高さが $6 \text{ mm}$ ,  $12 \text{ mm}$ ,  $24 \text{ mm}$ の三通りの突起面がランダムに分布している場合である。

【0017】図2の各グラフを見て判るように、接近速度 $V$ の平均は最接近データ法の場合の方がセンサ数3～5以上で大きく減速しており、また、脚1の地面3に接触したときの接近速度 $V$ の分散は接近速度 $V$ の減速がきている要件(センサ数3～5以上)の場合では、最接近データ法の方が平均法に比べて小さいか同程度であり、接近特性が優れていることが判る。また、距離センサ2の数を増やしても平均法では接近速度 $V$ は許容速度( $V/V_{\max}$ が0.1以下)まで減速できないが最接近データ法ではセンサ数が9個程度で、ほぼ許容速度付近まで接近させることができる。

4

【0018】図3は、脚1の距離センサ2の数や配置および地面3の条件は図2の場合と同じであるが、距離センサ2にある程度の測距誤差がある場合の脚1の接近速度 $V$ の平均と分散のデータである。図3の各グラフを見て判るように、接近速度 $V$ の平均は図2のデータと大きな違いは無く、また、分散の場合は条件(b)(c)(d)において平均法と最接近データ法の両データが接近しているが、条件(a)の場合は図2の場合と同様に接近速度 $V$ の減速ができていない要件(センサ数3～5以上)では、最接近データ法の方が平均法に比べて小さく、最接近データ法の接近特性が優れていること示している。

【0019】図2, 図3に示した実験結果を考察すると、平均法は地面の凹凸が小さい場合には、接近速度 $V$ のバラツキが小さくなり有効であるが、凹凸が大きい場合は平均化のメリットがなくなってしまう。凹凸が大きい場合は、一番近い距離の計測値で接近速度 $V$ を決定できる最接近データ法の方が、ソフトランディングを行うためには有効である。また、距離センサ2の数は多い方が望ましいが、実用的には9個程度で満足できることが判る。

【0020】第2の実施例は、距離センサとしてon/OFFセンサを使用し、このon/OFFセンサの情報を用いた接近手法の実施例である。この実施例では、図4(a)(b)に示すように脚1にon/OFFセンサ4を第1の実施例と同様に9個実装したものを示している。

【0021】on/OFFセンサ4はON/OFF式の近接センサ2個を1組で構成され、基準距離を $L_{\max}$ とした場合、副基準距離を $0.5 L_{\max}$ とし、近接センサ2個の内一方の計測しきい値を $L_{\max}$ に設定し、他方の計測しきい値を $0.5 L_{\max}$ に設定する。つまり、一方の近接センサは計測値が $L_{\max}$ 未満のときONと、 $L_{\max}$ 以上のときOFFを出力し、他方の近接センサは計測値が $0.5 L_{\max}$ 未満のときONと、 $0.5 L_{\max}$ 以上のときOFFを出力するように設定されており、したがってon/OFFセンサ4からは近接センサ2個のON, OFF情報が組合わされて離散的な出力を制御部に出力する。

【0022】この実施例の個々のon/OFFセンサ4は図4(c)に示すように、構成する両近接センサが2個ともにOFFの場合は第1出力を出し、脚1の対地面接近速度 $V$ を $V_{\max}$ に、1個のみONの場合は第2出力を出し、接近速度 $V$ を $0.5 V_{\max}$ に、さらに、2個ともにONの場合は第3出力を出し、接近速度 $V$ を $0.1 V_{\max}$ に指示する。

【0023】以上は、on/OFFセンサ4が1個の場合であるが、この実施例では9個のon/OFFセンサ4が設けられており、第1の実施例と同様に脚1の対地接近手法として最接近データ法を採用している。つまり、9個のon/OFFセンサ4の近接センサのすべてがOFFのとき、したがって第1出力だけのときは脚1の接近速度 $V$ を $V_{\max}$ に、ONとOFFが混在する場合で第3出力がなく、第

1、第2出力が混在する場合は第2出力を優先して接近速度 $V$ を $0.5 V_{\max}$ に、第3出力が混在する場合は第3出力を優先して接近速度 $V$ を $0.1 V_{\max}$ に設定する。このように、この実施例の接近速度 $V$ は離散的に設定される。なお、この第2の実施例の手法を第1の実施例の最接近データ法と区別するため、最接近データ+ファジィ法と呼んでいる。

【0024】このようなon/OFFセンサ4が配置された脚1を用い、種々の地面形状のうち突起面形状に対して、この実施例の手法と第1の実施例であるアナログ出力の距離センサを用いた場合との手法の比較するため行った実験結果を図5に示す。図5は脚1の地面3との接触時に接近速度 $V$ の平均と分散のデータを、第1の実施例のアナログ距離センサによる平均法を実線で、最接近データ法を破線で示し、第2の実施例の最接近データ+ファジィ法を二点鎖線で表している。なお、5図(a)は全てのセンサが正常に動作している状態で、同図(b)は中央のセンサが断線等のため最大出力を出力している場合を示している。また、実験地面形状は突起間ピッチが60mmで突起の高さ $h$ は、 $0 \leq h \leq 60 \text{ mm}$ である。

【0025】図5の各グラフを見て判るように、接近速度 $V$ の平均は突起面の形状が厳しいので、最接近データや最接近データ+ファジィ法でも接近速度 $V$ を減速できる要件を満たすにはセンサ数が9個程度必要だが、この要件を満たした場合の最接近データ+ファジィ法の接近速度 $V$ の分散は、アナログ距離センサによる最接近データ法の分散と同程度の結果が得られた。このことは、図5(b)を見て分かるように中央のセンサが断線等のため最大出力を出力している場合も同じ傾向が見られる。

【0026】図5に示した実験結果を考察すると、第2の実施例の離散的な出力情報による最接近データ+ファジィ法の接近手法は、第1の実施例のアナログ出力情報の最接近データ法の接近手法と同程度の性能が得られる\*

\*ことが判る。また、第1の実施例の精度の良いアナログセンサを少数使用した場合よりも、精度は劣るが必要数用意した第2の実施例の離散出力センサの方が接近速度の分散が小さく、例えば、脚型ロボットに適用した場合等においてソフトランディングを行う手法として優れていることが判った。なお、この発明は上記実施例に限定されるものではなく、要旨を変更しない範囲で変形して実施できる。

【0027】

10 【発明の効果】この発明によれば、複数の距離計測値から相手面に接近するために最も適当な相対的特定計測値を選択して被制御体を制御するので、被制御体を適切な接近速度で相手面に接触させることができる。また、この発明の接近手法によれば、複数の距離センサに計測値が非連続値である簡易センサを使用しても被制御体を適切に制御できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施例の手法を説明するための被制御体における距離センサの配置分布の説明図。

20 【図2】図1に示した被制御体をこの発明の最接近データ法と比較のため平均法で制御した場合の接近速度の平均と分散のデータ。

【図3】図1に示した被制御体に誤差のある距離センサを実装し、図2の地面条件で行った最接近データ法と平均法による場合の接近速度の平均と分散のデータ。

【図4】第2の実施例の手法を説明するため距離センサとしてon/OFFセンサを使用し被制御体に配置した説明図。

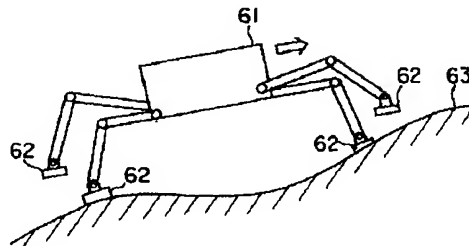
30 【図5】この実施例と第1の実施例の手法を突起面状地面において比較した接近速度の平均と分散のデータ。

【図6】脚型ロボットの歩行の様子を示す説明図。

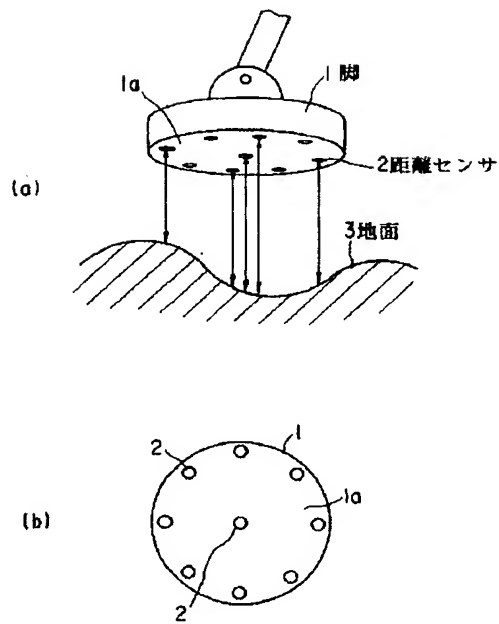
【符号の説明】

1…脚 1a…脚裏 2…距離センサ 3…地面  
4…on/OFFセンサ

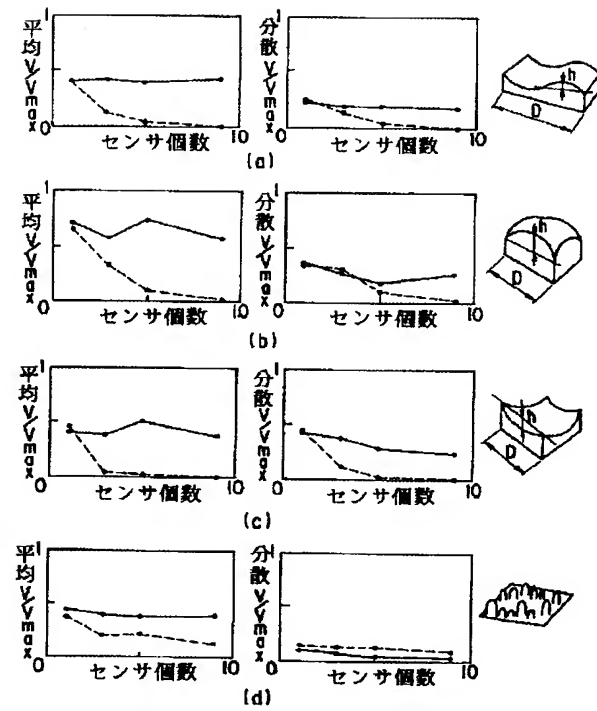
【図6】



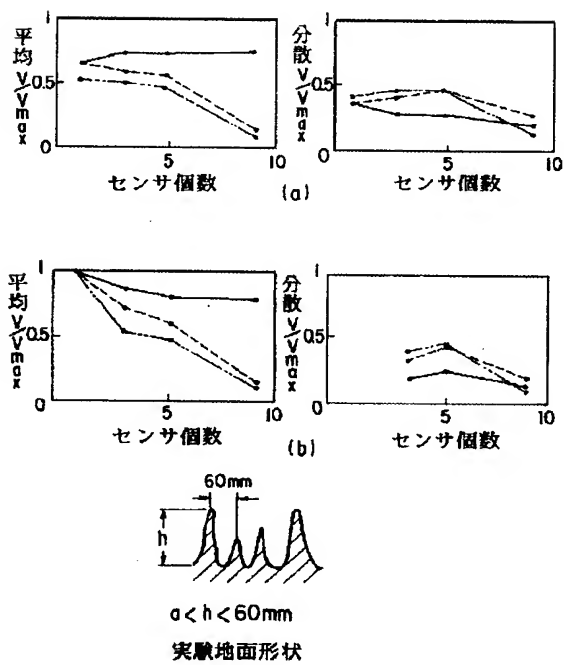
【図1】



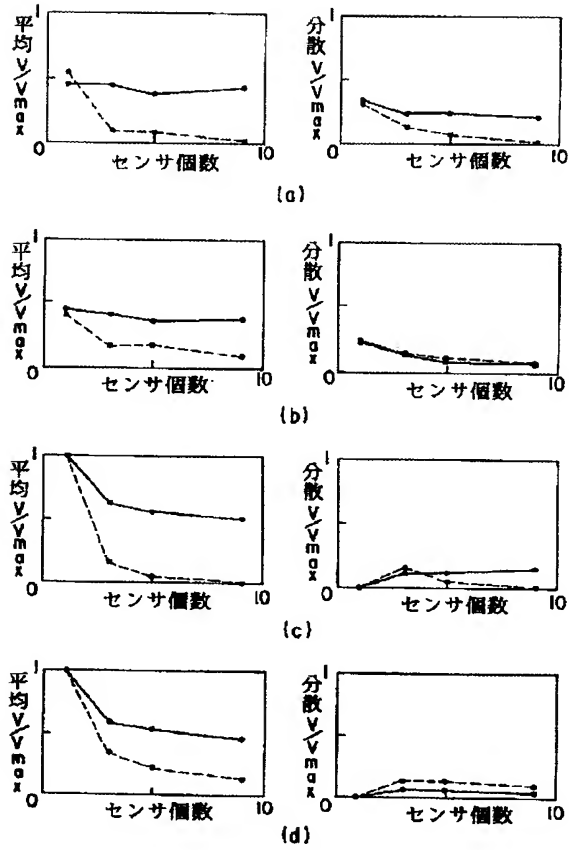
【図2】



【図5】



【図3】



【図4】

